

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pengelasan

Menurut Maman Suratman (Lit. 1) mengatakan tentang pengertian mengelas yaitu "Salah satu cara menyambung dua bagian logam secara permanen dengan menggunakan tenaga panas". Pengelasan diantaranya adalah sebagai penyambung dua komponen yang berbahan logam. Selain itu pengelasan adalah sebagai media atau alat pemotongan.

Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan yang lain seperti baut dan keling. Berbeda antara keduanya bahwa pengelasan membutuhkan perhatian yang khusus diantaranya adalah jenis pengelasan, klasifikasi pengelasan, dan karakteristiknya. Menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair dari definisi tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut bahwa las adalah suatu proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk suatu sambungan melalui ikatan kimia yang dihasilkan dari pemakaian panas dan tekanan.

Proses pengelasan berkaitan dengan lempengan baja yang dibuat dari kristal besi dan karbon sesuai struktur mikronya, dengan bentuk dan arah tertentu. Lalu sebagian dari lempengan logam tersebut dipanaskan hingga meleleh. Kalau tepi lempengan logam itu disatukan, terbentuklah sambungan. Umumnya, pada proses pengelasan juga ditambahkan dengan bahan penyambung seperti kawat atau elektroda. Kalau campuran tersebut sudah dingin, molekul kawat las yang semula merupakan bagian lain kini menyatu.

Proses pengelasan tidak sama dengan menyolder di mana untuk menyolder bahan dasar tidak mencair. Sambungan terjadi dengan melelehkan logam lunak misalnya timah, yang meresap ke pori-pori di permukaan bahan yang akan disambung. Setelah timah solder dingin maka terjadilah sambungan. Perbedaan antara solder keras dan lunak adalah pada suhu kerjanya di mana batas kedua

proses tersebut ialah pada suhu 450°C. Pada pengelasan, suhu yang digunakan jauh lebih tinggi antara 1500°C -1600°C.

Berdasarkan masukan panas (*heat input*) utama yang diberikan kepada logam dasar atau induk. Proses pengelasan dapat dibagi menjadi dua cara, yaitu:

1. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang berasal dari nyala api las (*fusion*), contohnya las busur (*arc welding*), las gas (*gas welding*), las sinar elektron (*electron discharge welding*), dan lain-lain.
2. Pengelasan dengan menggunakan energi panas yang tidak berasal dari nyala api las (*nonfusion*), contohnya pengelasan dengan gesekan (*friction stirrwelding*), las tempa, dan lain-lain.

2.2 Jenis-Jenis Pengelasan

a. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara pengelasan dengan mempergunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Klasifikasi las busur listrik yang digunakan hingga saat ini dalam proses pengelasan adalah las elektroda terbungkus.

Prinsip pengelasan las busur listrik adalah arus listrik yang cukup padat dan tegangan rendah bila dialirkan pada dua buah logam yang konduktif akan menghasilkan loncatan elektroda yang dapat menimbulkan panas yang sangat tinggi mencapai suhu 50000°C sehingga dapat mudah mencair kedua logam tersebut.

Untuk pemilihan jenis elektroda yang digunakan, harus diperhatikan beberapa hal, yaitu:

- 1) Jenis logam yang akan dilas
- 2) Ketebalan bahan yang akan dilas
- 3) Kekuatan mekanis yang diharapkan dari pengelasan
- 4) Posisi pengelasan, dan
- 5) Bentuk kampuh benda kerja.

Kode elektroda, berupa huruf dan angka mempunyai arti khusus yang sangat berguna untuk pemilihan elektroda. Kode elektroda sudah distandarkan atau ditetapkan. Badan standarisasi kode elektroda yaitu

AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society for Testing and Materials*). Simbol atau kode yang diberikan yaitu satu huruf E diikuti oleh 4 (empat) atau 5 (lima) angka dibelakangnya (Lit. 2, hal. 25).

b. Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*)

Las Oksi Asetilen (*Oxyacetylene Welding*) Pada las *oxycetylene*, panas dihasilkan dari rekasi pembakaran anantara gas *acetylene* dengan oksigen. Nyala api ini biasanya digunakan untuk pengelasan aluminium, magnesium dan untuk mencegah lepasnya karbon (*decarburization*) pada baja karbon tinggi.

c. Las Busur Tungsten Gas Mulia (*Gas Tungsten Arc Welding/GTAW*)

Proses pengelasan di mana sumber panas berasal dari loncatan busur listrik antara elektroda terbuat dari *wolfram/tungsten* dan logam yang dilas. Pada pengelasan ini logam induk (logam asal yang akan disambung dengan metode pengelasan biasanya disebut dengan istilah logam induk) tidak ikut terumpan (*non consumable electrode*). Untuk melindungi elektroda dan daerah las digunakan gas mulia (argon atau helium). Sumber arus yang digunakan bisa AC (arus bolak-balik) maupun DC (arus searah).

d. Las Busur Logam Gas (*Gas Metal Arc Welding*)

Proses pengelasan di mana sumber panas berasal dari busur listrik antara elektroda yang sekaligus berfungsi sebagai logam yang terumpan (*filler*) dan logam yang dilas. Las ini disebut juga *metal inert gas (MIG) welding* karena menggunakan gas mulia seperti argon dan helium sebagai pelindung busur dan logam cair.

e. Las Busur Rendam (*Submerged Arc Welding/SAW*)

Proses pengelasan di mana busur listrik dan logam cair tertutup oleh lapisan serbuk *fluks* sedangkan kawat pengisi (*filler*) diumpankan secara kontinyu. Pengelasan ini dilakukan secara otomatis dengan arus listrik antara 500-2000 *Ampere*.

f. Las Terak Listrik (*Electroslag Welding*)

Proses pengelasan di mana energi panas untuk melelehkan logam dasar (*base metal*) dan logam pengisi (*filler*) berasal dari terak yang berfungsi sebagai tahanan listrik ketika terak tersebut dialiri arus listrik. Pada awal pengelasan, *fluks* dipanasi oleh busur listrik yang mengenai dasar sambungannya. Kemudian logam las terbentuk pada arah vertikal sebagai hasil dari campuran antara bagian sisi dari logam induk dengan logam pengisi (*filler*) cair. Proses pencampuran ini berlangsung sepanjang alur sambungan las yang dibatasi oleh plat yang didinginkan dengan air.

g. Gesek (*Friction Stir Welding*)

Friction Stir Welding merupakan proses penyambungan logam dengan memanfaatkan energi panas yang diakibatkan oleh gesekan antara dua material. Bila dibandingkan dengan proses penyambungan diatas *friction welding* kelebihan dan kekurangan.

- Adapun kelebihanannya adalah sebagai berikut:
 - Kebersihan permukaan sambungan tidak diperlukan, karena selama proses *friction* permukaan akan terkelupas dan terdeformasi kebagian luar.
 - Tidak memerlukan logam pengisi, pelindung *fluks* dan gas pelindung selama proses.
 - Tidak terdapat cacat akibat penomena pencairan dan pembekuan.
 - Dimungkinkan untuk menyambung dua material logam yang berbeda.
 - Ongkos pengerjaan lebih ringan.
- Namun *friction welding* memiliki kekurangan yaitu:
 - Benda yang disambung harus simetris.
 - Proses umunya terbatas pada permukaan plat dan bentuk batang bulat.

- Salah satu material yang disambung harus memiliki sifat mampu dideformasi secara plastis.



Gambar 2.1 Pengelasan SMAW
(Sumber: Lit. 2)

2.3 Macam-Macam Meja Las

a. Meja Las *Adjustable*

Sistem pengoperasian meja las *adjustable* yang ada sekarang masih diangkat langsung secara manual oleh minimal dua orang pada saat merubah setting meja las yaitu saat meja las dinaikan, diturunkan dan diputar disesuaikan dengan posisi pengelasan. Berat meja las 35 kg, hal ini terlalu berat pada saat setting meja las. Karena meja las terlalu berat, sehingga saat setting meja las terjadi keluhan rasa sakit pada bagian anggota tubuh tertentu. Dari permasalahan tersebut diatas maka diperlukan perancangan meja las *adjustable* yang memperhatikan prinsip-prinsip *ergonomic*.



Gambar 2.2 Meja Las *Adjustable*
(Sumber: Lit. 3)

b. Meja Las Untuk Variasi Posisi Pengelasan

Alat bantu meja las ini harus mengikuti kompetensi tukang las dilapangan yaitu dengan beberapa variasi pengelasan karena didalam

mengelas ada beberapa posisi pengelasan yang harus ada, beberapa variasi posisi pengelasan diantaranya yaitu posisi: 1G, 2G, 3G, dan 4G. sehingga dengan adanya posisi ini di alat bantu pengelasan meja las diharapkan para pemula yang akan belajar mengelas juga bisa menguasainya tidak hanya 1 posisi saja, karena dilapangan operator akan menemukan beberapa kondisi posisi pengelasan yang sulit dan harus mampu mengelas dengan posisi tersebut. Dengan adanya alat bantu pengelasan ini diharapkan kualitas hasil pengelasan menjadi lebih baik karena meja las ini dilengkapi variasi posisi yang mungkin posisi tersebut bisa saja ditemukan ketika mengelas dilapangan dan juga sangat membantu bagi seseorang yang ingin belajar dengan adanya alat bantu ini.



Gambar 2.3 Meja Las untuk Variasi Posisi Pengelasan
(Sumber: Lit. 4)

c. Meja Las Untuk Pengelasan Siku, T dan Sejajar

Konsep perancangan alat bantu pengelasan dengan *Jig* ini adalah menggabungkan konsep kerja dari beberapa alat bantu yang sudah terlebih dahulu ada, kemudian digabungkan dalam satu alat bantu yang mampu mempermudah kinerja dari juru las. Meja yang digunakan untuk pengelasan biasanya menggunakan plat lembaran dengan diberi kaki-kaki disetiap sisinya, sehingga perancangan alat bantu ini kami buat dengan memodifikasi beberapa komponen dari meja las dengan memasukan media *Jig* sebagai pemegang benda kerja yang akan di las.



Gambar 2. 4 Meja Las Untuk Pengelasan Siku, T dan Sejajar
(Sumber: Lit. 5)

2.4 Posisi Pengelasan

Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengealasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*), dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*).

1) Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*)

Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja Gambar 2.5 (a).

2) Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

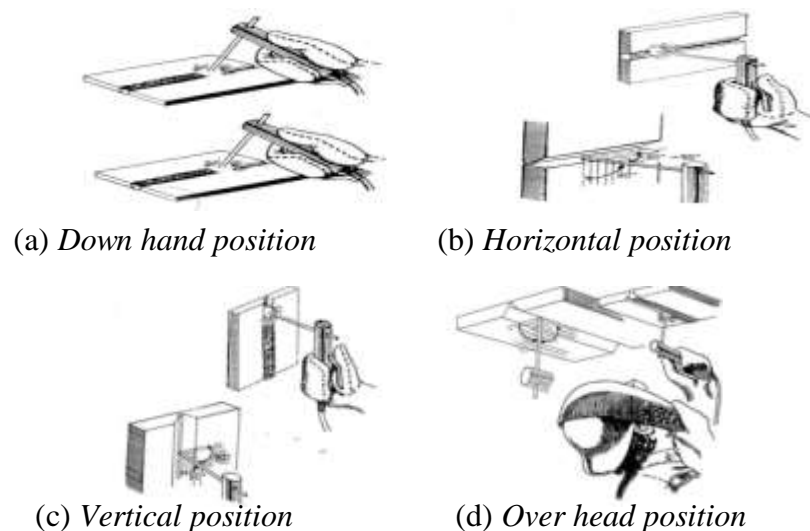
Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/*horizontal*. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak, Gambar 2.5 (b).

3) Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/*vertical*. Seperti pada *horizontal position* pada *vertical position*, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun Gambar 2.5 (c). Misalnya pengelasan badan kapal laut arah *vertical*.

4) Posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*)

Benda kerja terletak di atas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja (Gambar 2.5 (d)).



Gambar 2.5 Posisi Pengelasan
(Sumber: Lit.2)

Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah menyesuaikan posisi pengelasan.

Contoh posisi-posisi pengelasan seperti gambar berikut:

(a) *Fillet Joint (T-Joint)*

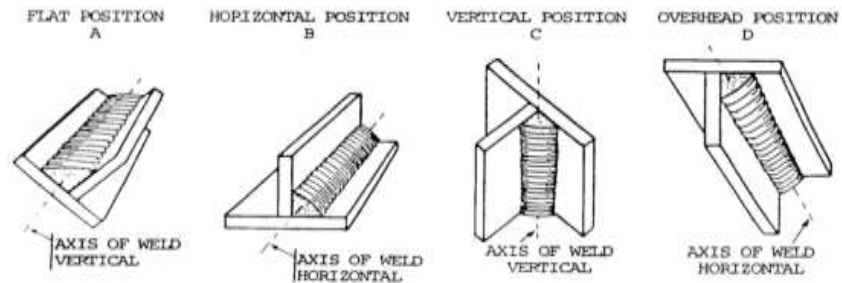
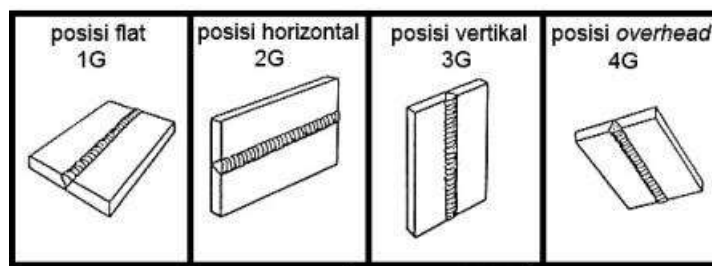


Figure 6-31. Welding positions--fillet welds--plate.

Gambar 2.6 Posisi Pengelasan *Fillet Joint*

(Sumber: Lit.6)

(b) *Butt Joint*



Gambar 2.7 Posisi Pengelasan *Butt Joint*

(Sumber: Lit. 7)

(c) Pengelasan Pipa



Gambar 2.8 Posisi Pengelasan Pipa

(Sumber: Lit. 7)

Posisi pengelasan 1G pipa, pada pengelasan pipa 1G ini, pipa diputar dan pengelasan tetap memposisikan elektroda di atas material

(*down hand position*). Pengelasan 2G pipa, pipa diam, juru las mengelas mengitari pipa atau sama seperti *horizontal position*.

Pengelasan 5G pipa, pipa diam, juru las mengelas diawali dari bagian bawah terus melingkar berhenti di pipa bagian atas pada sisi sebelahnya. Pada sisi lain dilakukan dengan cara yang sama yaitu diawali dari bawah terus melingkar dan berhenti di atas. pengelasan ini disebut dengan posisi pengelasan 5G *up hill* atau *vertical position*.

Posisi pengelasan di atas kepala adalah posisi 6G. Pemasangan pipa dimiringkan 45° derajat terhadap sumbu *horizontal*. Pengelasan dilakukan dari pipa bagian bawah terus melingkar ke arah kanan/kiri dan berhenti di atas. Dilanjutkan dengan pengelasan sebaliknya diawali dari bawah dan terus melingkar berhenti di bagian atas. Cara pengelasan seperti ini disebut 6G *up hill* atau seperti *over head position*.

2.5 Metode Penilaian Dalam Ergonomi

Dalam melakukan penilaian terhadap posisi kerja dapat menggunakan beberapa metode, antara lain menurut (Lit. 8):

1. *Baseline Risk Identification of ergonomic Factor (BRIEF) Survey*

Baseline Risk Identification of ergonomic Factor (BRIEF) Survey merupakan metode yang digunakan untuk menilai faktor resiko *ergonomic* di tempat kerja yang dapat menyebabkan terjadinya *Cummulative Trauma Disorders* (CST/nama lain dari MSDs). Metode BRIRF *survey* menggunakan tiga langkah yang dilakukan dalam penilaiannya yaitu penilaian faktor resiko *ergonomic* di lingkungan kerja, *survey* gejala terhadap pekerja dan hasil pemeriksaan kesehatan secara medis.

Faktor risiko yang dinilai dalam BRIEF meliputi postur pergelangan tangan dan tangan (kanan dan kiri), siku (kanan dan kiri), leher, punggung, dan kaki. Metode ini juga menilai beban, durasi dan frekuensi yang dialami masing-masing postur yang diukur. BRIEF memberikan penilaian risiko CTS pada masing-masing postur diatas. BRIEF *survey* dapat menilai faktor risiko MSDs yang tergolong tinggi

yang ada di lingkungan kerja. Selain itu BRIEF juga melakukan evaluasi terhadap pekerjaan dan lingkungan kerja untuk ditinjau lebih lanjut seperti getaran, tekanan mekanik dan *temperature* yang rendah.

Metode BRIEF menghitung semua postur tubuh dengan jelas termasuk durasi, frekuensi dan beban yang diterima masing-masing postur yang diukur. Selain itu metode ini juga menggunakan *survey* gejala dan hasil dari pemeriksaan kesehatan, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat. Metode ini membutuhkan data lebih banyak sehingga tidak mudah untuk digunakan pada semua sektor *industry* seperti sektor usaha informal.

2. *Quick Exposure Checklist (QEC)*

Merupakan metode yang dapat dipakai untuk menilai secara cepat resiko pajanan terhadap *Work-Related Musculoskeletal Disorders* (WMSDs) atau gangguan otot rangka yang berhubungan dengan pekerjaan. Metode ini dikembangkan dan dievaluasi oleh Dr. Guangyan Li dan Profesor Peter Buckle yang didukung oleh penelitian dari *Roben Center for Health ergonomic, University of Survey* dan 150 praktisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja *United Kingdom*.

QEC fokus pada penelitian pajanan dan perubahannya yang bermanfaat untuk *intervensi* di tempat kerja yang penilaiannya dilakukan dengan cepat. Metode ini menilai gangguan risiko yang terjadi pada bagian belakang punggung, bahu/lengan, pergelangan tangan, dan leher serta kombinasinya dengan faktor risiko durasi, repetisi, pekerjaan statis dan dinamis, tenaga yang dibutuhkan, dan kebutuhan visual. Selain itu, metode ini juga melihat ada atau tidaknya pengaruh getaran dan tekanan psikososial dalam penilaiannya. Konsep dalam penilaian metode ini adalah melihat skor pajanan *ergonomic* untuk bagian tubuh tertentu dibandingkan dengan bagian tubuh lainnya dengan cara melihat kombinasi faktor risiko *ergonomic* yang hadir secara bersamaan di tempat kerja. Metode dalam penilaian QEC melibatkan observasi langsung oleh peneliti dan kuesioner untuk

pekerja, dimana hasil penilaiannya akan dikalkulasikan sesuai dengan ketentuan QEC. *Scoring* untuk QEC berdasarkan persentase hasil penilaian QC sendiri yaitu $\leq 40\%$ (dapat diterima), 41-50% (perlu adanya investigasi lanjutan), 51-70% (investigasi lebih lanjut dan perubahan segera), $> 70\%$ (investigasi dan perubahan segera).

Metode ini menilai beberapa faktor fisik utama terhadap MSDs dan mempertimbangkan kombinasi/interaksi dari berbagai faktor risiko di tempat kerja. Selain itu metode ini juga mempertimbangkan kebutuhan pengguna, mudah dimengerti, cepat dan dapat dilakukan oleh peneliti yang belum berpengalaman. Akan tetapi metode ini hanya berfokus pada faktor fisik di tempat kerja saja, kurang mendetail dalam menilai postur kerja dan butuh pelatihan bagi orang baru yang menggunakan metode ini untuk meningkatkan reabilitas penilaian.

3. *Rapid Entire Body Assessment* (REBA)

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah sebuah metode yang dikembangkan dalam bidang *ergonomic* dan dapat digunakan secara tepat untuk menilai posisi kerja atau postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seorang operator. Selain itu metode ini juga dipengaruhi oleh faktor *coupling*, beban *eksternal* yang ditopang oleh tubuh serta aktivitas pekerja.

Rapid Entire Body Assessment (REBA) adalah suatu metode dalam bidang *ergonomic* yang digunakan secara cepat untuk menilai postur leher, punggung, lengan, pergelangan tangan dan kaki seorang pekerja. REBA adalah alat penganalisa postur tubuh yang bisa memeriksa aktivitas kerja. Metode ini juga dilengkapi dengan faktor *coupling*, beban *eksternal*, dan aktivitas kerja. Dalam metode ini, segmen-segmen tubuh dibagi menjadi dua grup, yaitu grup A dan Grup B. Grup A terdiri dari punggung (batang tubuh), leher dan kaki. Sedangkan grup B terdiri dari lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan. Penentuan skor REBA, yang (skor A dan B) digunakan untuk menentukan skor C. Skor

REBA diperoleh dengan menambahkan skor aktivitas pada skor C. Dari nilai REBA dapat diketahui level resiko cedera.

4. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)*

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur faktor resiko *musculoskeletal disorders* pada leher dan tubuh bagian atas. RULA dikembangkan oleh *McAtamney dan Corlett* dari *University of NNottingham Institute of Occupational Ergonomics, United Kingdom* pada tahun 1993.

RULA menghitung faktor risiko *ergonomic* pada pekerjaan dimana pekerjaannya banyak melakukan pekerjaan dalam posisi duduk atau berdiri tanpa adanya perpindahan. RULA menghitung faktor risiko berupa postur, tenaga/beban, pekerjaan statis dan repetisi yang dilakukan dalam pekerjaan. Fokus utama penilaian RULA yang diukur secara detail yaitu postur dari bahu/lengan atas, siku/lengan bawah, pergelangan tangan, leher dan pinggang. Selain itu RULA juga mempertimbangkan adanya beban dan perpindahan yang dilakukan dalam penilaiannya. RULA juga menilai posis kaki apakah stabil atau tidak.

RULA bertujuan untuk mengukur risiko *musculoskeletal* sebelum dan sesudah adanya modifikasi tempat kerja, mengevaluasi hasilnya dan memberitahukan pada pekerja mengenai risiko yang berhubungan dengan *musculoskeletal* karena postur kerja. Prosedur penilaian menggunakan metode RULA mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Memilih postur yang akan dinilai pada masing-masing *task* dalam suatu pekerjaan.
- 2) Postur dinilai berdasarkan skor-skor dalam lembar penilaian RULA kemudian mengkalkulasikannya berdasarkan diagram RULA.
- 3) Hasil *scoring* dikonversikan berdasarkan level tindakan pada ketentuan RULA.

Metode RULA merupakan metode yang mengukur postur tubuh bagian atas yang mudah dipahami dan mudah dilaksanakan karena pada metode ini telah disediakan petunjuk-petunjuk mengenai tata arah penilaian pada masing-masing postur yang diukur. Metode ini juga tidak membutuhkan waktu yang lama dalam penilaiannya. Selain itu metode ini juga dapat mengukur faktor risiko *ergonomic* lainnya berupa *force*/beban, repetisi dan durasi/pekerjaan statis. Akan tetapi metode ini hanya mengukur faktor fisik yang ada di sebuah pekerjaan/*task*, metode ini tidak mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mempengaruhi seperti getaran, suhu, faktor psikososial, dll. Disamping itu dibutuhkan pelatihan lebih lanjut oleh pengguna awal dalam menggunakan metode ini untuk hasil yang lebih baik.

5. *The Ovako Working Posture Analysis System (OWAS)*

The Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) merupakan suatu metode yang digunakan dalam mengevaluasi postur tubuh pekerja selama bekerja, dengan menganalisa berdasarkan klasifikasi sederhana dan sistematis dari postur saat bekerja yang dikombinasikan dengan observasi dari kegiatan pekerjaan. OWAS mengizinkan pengguna OWAS untuk mengestimasi berdasarkan beratnya objek yang diangkat ataupun kekuatan yang digunakan saat bekerja. Dalam perhitungannya, metode ini juga mengikutsertakan waktu observasi dan kaitannya dengan kegiatan pekerjaan yang memungkinkan menghubungkan setiap postur yang dilakukan dengan kegiatan pekerjaan yang mempengaruhinya.

Metode OWAS ini dapat diaplikasikan antara lain di area:

- 1) Pengembangan lingkungan kerja atau metode kerja untuk mengurangi beban pada *musculoskeletal* dan membuatnya lebih aman serta produktif.
- 2) Untuk merencanakan tempat kerja baru maupun metode kerja yang baru.
- 3) Dalam melakukan *survey ergonomic*.

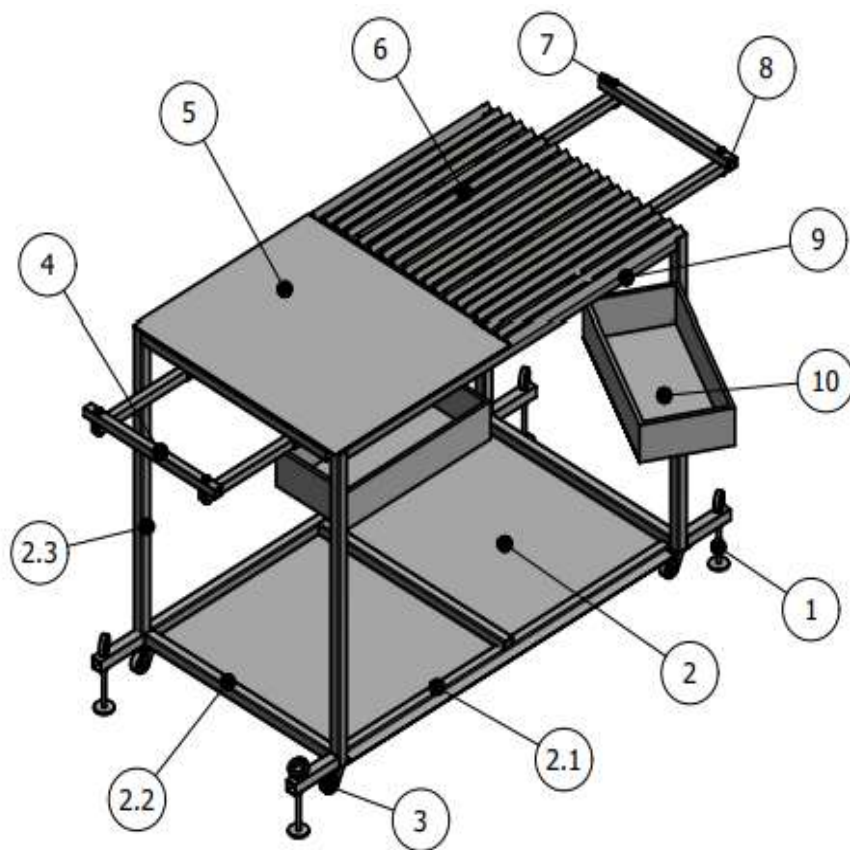
4) Dalam penelitian dan pengembangan.

Fokus yang dinilai adalah postur tubuh, pergerakan saat bekerja, frekuensi dari struktur kegiatan kerja, posisi kegiatan kerja didalam sebuah proses kerja, kebutuhan intervensi pada desain pekerjaan dan lingkungan kerja, distribusi pergerakan tubuh, beban dan tenaga yang dibutuhkan saat bekerja.

2.6 Jig and Fixtures

Menurut Hoffman (1996) *Jig & Fixture* merupakan alat bantu produksi yang digunakan pada proses manufaktur sehingga dihasilkan duplikasi *part* yang akurat. Hubungan yang tepat antara pemotong, atau alat yang lain, dan benda kerja harus dijaga. Untuk melakukannya sebuah *Jig* atau *Fixture* didesain dan dibangun untuk menahan, menopang dan memposisikan setiap bagian untuk memastikan bahwa proses pemesinan dilakukan dengan akurat dan pre-sisi. *Jig* adalah peralatan khusus yang berfungsi untuk menahan dan menopang benda kerja, yang akan mengalami proses permesinan.

Saat ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berdampak pada kemajuan *industry* manufaktur yang diharuskan untuk dapat menghasilkan produk dengan cara yang lebih mudah, cepat, dan murah. Untuk itu banyak perusahaan dibidang industri manufaktur mencoba mencari cara untuk menekan biaya produksi dan mempercepat proses produksi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan. Contoh nyata yang paling mudah untuk dilihat di antaranya adalah banyaknya bermunculan alat-alat bantu yang dapat membantu dan bahkan menggantikan pekerjaan manusia tersebut. Namun tidak semua pekerjaan yang ada sekarang sudah memiliki alat bantu yang dapat memudahkan pekerjaan tersebut. Bahkan dalam beberapa kegiatan produksi manufaktur terdapat beberapa pekerjaan yang menuntut adanya penggunaan alat bantu, salah satunya adalah pengelasan (Lit. 9).



Gambar 2.9 *Design* Meja Las Portabel

Tabel 2.1 Spesifikasi Meja Las Portabel

NO BAGIAN	NAMA BAGIAN	JUMLAH	MATERIAL
1	<i>Jig Clamp</i>	4	Standar
2	Alas Meja Bawah	1	Pelat t = 2 mm
2.1	Penguat Kaki Meja 1500mm	2	Besi <i>hollow</i> t = 2 mm
2.2	<i>Frame</i> Rangka 700mm	8	Besi <i>hollow</i> t = 2 mm
2.3	Kaki Meja 800mm	4	Besi <i>hollow</i> t = 2 mm
3	Roda meja	4	Karet
4	<i>Holder</i>	2	Besi <i>hollow</i> t = 1,8 mm
5	Alas Meja Atas	1	Pelat t= 2 mm
6	Besi Siku	17	Besi t= 3 mm
7	Baut	8	Besi ulir
8	Mur	8	Besi
9	Penguat Rangka Meja 1200mm	2	Besi <i>hollow</i> t = 2 mm
10	Laci	4	<i>Hollow</i> dan pelat

2.7 Dasar Pemilihan Bahan

Didalam suatu perencanaan alat, kita harus menentukan alat dan komponen yang kita gunakan dalam proses pembuatan. Sebelum memulai perhitungan, seseorang perencana haruslah terlebih dahulu memilih dan menentukan jenis material yang akan digunakan dengan tidak terlepas dari faktor-faktor yang mendukungnya. Selanjutnya untuk memilih bahan nantinya akan dihadapkan pada perhitungan, yaitu apakah komponen tersebut dapat menahan gaya yang besar, gaya terhadap beban puntir, beban bengkok, atau terhadap faktor tahanan tekanan. Juga terhadap faktor koreksi yang cepat atau lambat akan sesuai dengan kondisi dan situasi tempat, komponen tersebut digunakan. Didalam menentukan alat dan bahan yang akan kita gunakan nanti, beberapa faktor yang harus kita ketahui seperti ketersediaan, mudah dibentuk, harga yang relatif murah.

Setiap perencanaan rancang bangun memerlukan pertimbangan-pertimbangan bahan, agar bahan yang digunakan sesuai dengan yang direncanakan. Hal-hal penting dan mendasar harus diperhatikan dalam pemilihan bahan.

1. Sifat Mekanis Bahan

Dalam merencanakan suatu alat, haruslah terlebih dahulu mengetahui sifat mekanis bahan sehingga dapat mengetahui beban, tegangan dan gaya yang terjadi.

2. Sifat Fisis Bahan

Untuk menentukan bahan apa yang digunakan, kita juga harus mengetahui sifat fisisnya. Sifat fisis bahan adalah kekerasan, ketahanan terhadap korosi, titik leleh, dan lain-lain.

3. Sifat Teknik Bahan

Kita harus mengetahui juga sifat teknis bahan, agar dapat diketahui bahan material yang kita gunakan dapat dikerjakan dengan permesinan atau tidak.

4. Mudah di Dapat di Pasaran

Kita harus menentukan bahan yang akan kita gunakan terlebih dahulu apakah mudah didapat atau sulit.

5. Murah Harganya

Harganya juga sangat menentukan bahan apa yang kita gunakan sesuai dengan kebutuhan.

Pemilihan material yang digunakan dalam proses pembuatan rangka meja las portabel adalah:

1. Besi *Hollow Stall* / *Hollow* Baja Hitam

Dalam perencanaan alat ini rangka merupakan bagian yang sangat penting, karena rangka berfungsi sebagai kaki yang menopang seluruh komponen dari alat ini. Besi *Hollow* adalah besi yang berbentuk kotak. Rangka yang akan digunakan adalah besi *hollow* dengan ukuran (30mm x 30mm x 2mm), (25mm x 25mm x 2mm), (30mm x 60mm x 2mm).



Gambar 2.10 Besi *Hollow*
(Sumber: Lit. 10)

2. Plat *Esser*

Dalam perencanaan alat ini alas merupakan bagian yang sangat penting, karena berfungsi sebagai landasan yang menopang beban yang diterima dari alat ini. Plat yang akan digunakan adalah Plat *Esser* dengan tebal 2 mm.



Gambar 2.11 Plat *Esser*
(Sumber: Lit. 11)

3. Besi Siku

Besi siku adalah besi yang bentuknya siku atau memiliki sudut 90 derajat. Dalam perencanaan pembuatan alat ini menggunakan besi siku dengan ukuran 25mm x 25mm x 3mm.



Gambar 2.12 Besi Siku
(Sumber: Lit. 12)

4. Roda

Dalam perencanaan pembuatan alat ini menggunakan roda dengan ukuran $\varnothing 3$ inch, sebanyak 4 buah.

RODA KARET WIPRO WITH NYLON PLAIN BEARING (WIPRO SERIES 696, 697, 698, 698DB) (RUBBER CASTER WITH STEEL CORE, NYLON PLAIN BEARING)									
SIZE									
3" (80x32)	112	40	100X85	80X90	13X9	80			
4" (100x32)	122	40	100X85	80X90	13X9	100			
5" (125x37,5)	162	40	100X85	80X90	13X9	130			
6" (160x40)	168	47	141X110	105X78	13X11	200			
8" (200x50)	228	58	141X110	105X78	13X11	230			



Gambar 2.13 Roda
(Sumber: Lit. 13)

2.8 Rumus Perhitungan Pada Rancang Bangun

Dalam Proses pembuatan alat ini terdapat beberapa rumus yang digunakan untuk perhitungan, antara lain:

- Perhitungan Rumus Gaya

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots (2.1, \text{Lit. 14, hal. 37})$$

Keterangan:

F = Gaya yang bekerja (N)

m = Beban yang diberikan (kg)

g = Percepatan gravitasi (9,81m/s atau 10 m/s)

- Rumus menghitung massa *hollow*

$$M_{\text{hollow}} = \text{massa jenis besi} \times A \times M_{\text{hollow}} \dots\dots\dots (2.3, \text{Lit. 15, hal. 37})$$

Keterangan:

$$\text{Massa jenis besi} = 0,0078 \left(\frac{\text{gr}}{\text{mm}^3} \right)$$

A = Luas Penampang (mm^2)

M_{hollow} = Massa total *hollow* (gr/mm)

- Menghitung Momen Inersia (I), *Hollow*

$$I = \frac{a^4 - b^4}{12} \dots\dots\dots (2.4, \text{Lit. 16})$$

Keterangan:

a = Dimensi permukaan luar (mm)

b = Dimensi permukaan dalam (mm)

- Menghitung Tegangan Geser

$$t_g = \frac{F}{A} \leq \bar{t}_g \dots\dots\dots (2.5, \text{Lit. 16})$$

Keterangan:

t_g = Tegangan geser (Pa)

F = Gaya pada beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang (mm^2)

▪ Rumus Tahanan Bengkok

$$W_b = \frac{I}{y} \dots\dots\dots (2.7, \text{Lit. 16})$$

Keterangan:

y = Luas Setengah Penampang dalam (mm)

W_b = Tahanan Bengkok (mm^3)

I = Inersia (mm^4)

▪ Rumus Momen Bengkok, M_b (Nm)

$$M_b = \frac{F}{A} \cdot \frac{I}{e} \dots\dots\dots (2.8, \text{Lit. 16})$$

Keterangan:

M_b = Momen Bnegkok (Nm)

F = Gaya pada beban yang diberikan (N)

A = Luas Penampang (m^2)

I = Momen Inersia (mm^4)

e = Mudulus Elastisitas (m)

▪ Rumus Tegangan Bngkok

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \dots\dots\dots (2.9, \text{Lit. 16})$$

Keterangan:

M_b = Momen Bengkok (Nm)

W_b = Tahanan Bengkok (mm^3)

σ_b = Tegangan Bengkok (N/m^2)

▪ Perhitungan Pada Plat:

Hukum Newton 1, 2, dan 3:

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots (2.10, \text{Lit. 17, hal. 107})$$

$$\sum F = m \times a \dots\dots\dots (2.11, \text{Lit. 17, hal. 110})$$

$$\Sigma F_{aksi} = \Sigma F_{reaksi} \dots\dots\dots (2.12, \text{Lit. 17, hal. 116})$$

Keterangan:

ΣF = Jumlah Gaya (N)

F = Gaya (N)

M = Massa (kg)

a = Percepatan (m/s^2)

▪ Momen Inersia Plat:

$$1. I = \frac{1}{12} \times m (P^2 + L^2) \dots\dots\dots (2.13, \text{Lit. 17})$$

Keterangan:

I = Inersia (mm^4)

m = Massa Plat (kg)

P = Panjang (mm)

L = lebar (mm)

▪ Jarak Titik Berat:

$$y = \frac{1}{2} P \dots\dots\dots (2.14, \text{Lit. 18})$$

$$y = \frac{1}{2} t \dots\dots\dots (2.15, \text{Lit. 18})$$

$$y = \frac{1}{2} l \dots\dots\dots (2.16, \text{Lit. 18})$$

a) Tegangan Tarik Maksimum:

$$\sigma_{tarik} = \frac{M_{max} \times y}{I} \dots\dots\dots (2.17, \text{Lit, 18})$$

Keterangan:

σ_{tarik} = tegangan tarik [N/mm^2]

M_{max} = Momen terbesar yang terjadi pada plat (Nm)

Y = Titik berat pada plat (mm)

I = Inersia pada plat (mm^4)

2.9 Proses Pembuatan

Pada proses pembuatan rancang bangun ini meliputi pembuatan komponen dari mesin atau yang akan dibuat sampai dengan proses perakitan, sehingga alat yang akan dibuat dapat berfungsi sesuai dengan diharapkan. Dalam proses pembuatan alat ini perlu dipertimbangkan mesin apa yang akan digunakan:

a) Perhitungan Mesin Bor

$$L = 1 + 0,3 \cdot d$$

$$N = \frac{1000 \cdot Vc}{\pi \cdot d} \dots\dots\dots (\text{Lit. 19})$$

Keterangan:

N = Putaran benda kerja (Rpm)

Vc = Kecepatan potong (m/menit)

D = Diameter pahat bor (mm)

L = Panjang langkah (mm)

b) Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{Sr \cdot N} \dots\dots\dots (\text{Lit. 19})$$

$$L = la + l$$

Keterangan:

T_m = Waktu pengerjaan (menit)

L = Kedalaman pengeboran (mm)

Sr = Ketebalan pemakanan (mm/menit)

La = Jarak Awal Pahat (mm)

2.10 Pengujian

Setelah proses rancang bangun meja las portabel ini selesai dilaksanakan maka kegiatan selanjutnya adalah melakukan pengujian alat. Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui hasil kinerja teknis dari rancang bangun tersebut, disamping untuk mengetahui keluhan dari *welder* berdasarkan kenyamanan pada saat mengelas sesuai dengan teori ergonomi di atas. Dalam bab ini pengujian akan menjelaskan tentang bentuk pengujian, alat-alat yang digunakan dalam pengujian, data-data hasil pengujian dan analisa data-data pengujian.

2.11 Teori Dasar Perawatan dan Perbaikan

Perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu produk atau barang dalam memperbaikinya sampai pada kondisi yang dapat diterima. Berbagai bentuk kegiatan perawatan adalah (Lit. 20):

a. *Breakdown Maintenance* (Perawatan saat terjadi Kerusakan)

Breakdown Maintenance adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga Mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. *Breakdown Maintenance* ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat bsierhentinya Mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai Kualitas ataupun *Output* Produksi.

b. *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

Preventive Maintenance atau kadang disebut juga *Preventative Maintenance* adalah jenis *Maintenance* yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin selama operasi berlangsung. Contoh *Preventive maintenance* adalah melakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala. *Preventive Maintenance* terdiri dua jenis, yakni:

- *Periodic Maintenance* (Perawatan berkala)

Pereodic Maintenance ini diantaranya adalah perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, meminyaki mesin dan juga pergantian suku cadang yang terjadwal untuk mencegah terjadi kerusakan mesin secara mendadak yang dapat mengganggu kelancaran produksi. *Periodic maintenance* biasanya dilakukan dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

- *Predictive Maintenance* (Perawatan Predikif)

Predictive Maintenance adalah perawatan yang dilakukan untuk megantisipasi kegagalan sebelum terjadi kerusakan total. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan

cara melakukan analisa trend perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan *periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (Time Based), *Predictive Maintenance* lebih menitik beratkan pada kondisi mesin (*Condition Based*).

c. *Corrective Maintenance* (Perawatan Korektif)

Corrective Maintenance adalah Perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan dan kemudian memperbaikinya sehingga Mesin atau peralatan Produksi dapat beroperasi normal kembali. *Corrective Maintenance* biasanya dilakukan pada mesin atau peralatan produksi yang sedang beroperasi secara abnormal (Mesin masih dapat beroperasi tetapi tidak optimal).

d. Perawatan Berjalan (*Runing Maintenance*)

Dimana pekerjaan perawatan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja, perawatan berjalan diterapkan pada peralatan yang harus beroperasi terus melayani proses produksi.

e. Perawatan pencegahan

Perawatan yang dilakukan pada selang waktu yang ditentukan sebelumnya atau terhadap kriteria lain yang diuraikan, dan dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan bagian-bagian lain yang tidak memenuhi kondisi yang bisa diterima.

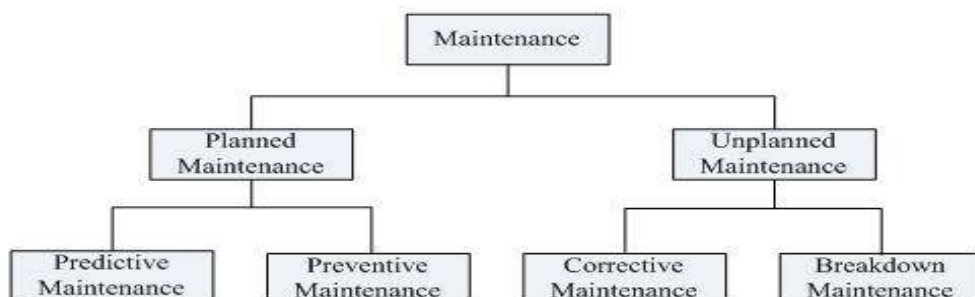


Diagram 2.1 Bagan Perawatan dan Perbaikan
(Sumber: Lit. 21)